

MINISTERIE VAN LANDBOUW
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek
in de Zeevisserij (T.W.O.Z.)
(Voorzitter : F. LIEVENS, directeur-generaal)

**AKOESTISCH ONDERZOEK VAN VISSERSVAARTUIGEN MET
BETREKKING TOT HET GEDRAGINGSPATROON VAN VIS**

R. FONTEYNE

Onderwerkgroep "Techniek in de Zeevisserij"

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (CLO Gent)

Publikatie nr 71-TZ/51, 1972.

MINISTERIE VAN LANDBOUW
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek
in de Zeevisserij (T.W.O.Z.)
(Voorzitter : F. LIEVENS, directeur-generaal)

AKOESTISCH ONDERZOEK VAN VISSERSVAARTUIGEN MET
BETREKKING TOT HET GEDRAGINGSPATROON VAN VIS

R. FONTEYNE

Onderwerkgroep "Techniek in de Zeevisserij"

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (CLO Gent)

Publikatie nr 71-TZ/51, 1972.

D/1976/0889/3

Inleiding.

De laatste jaren hebben verschillende onderzoekers erop gewezen dat geluiden, door vissersvaartuigen en vistuig opgewekt, het gedragingspatroon van vis beïnvloeden (Chapman en Hawkins, 1967 ; Freytag en Karger, 1969 ; Maniwa, 1970 ; Olsen, 1970).

Het akoestisch onderzoek met betrekking tot het gedragingspatroon vormt aldus een belangrijk onderzoeksproject en het werd dan ook in het programma van het Rijksstation voor Zeevisserij ingeschakeld.

Met het onderzoekingsvaartuig "Hinders" werd begin 1972 een eerste reeks proeven uitgevoerd (1), met een dubbel doel, nl. :

(a) de mogelijkheid te onderzoeken om de in de Belgische vissersvloot voorhanden zijnde scheepstypes akoestisch te bepalen en

(b) de invloed van het door deze schepen opgewekt akoestisch veld op het gedragingspatroon van de vis na te gaan.

In de eerste paragraaf van onderhavig verslag worden de verschillende geluidsbronnen aan boord van schepen geciteerd. In de tweede paragraaf worden de proefomstandigheden beschreven. De meetapparatuur en de meettechniek worden in paragraaf 3 besproken, terwijl de resultaten van de metingen in paragraaf 4 worden behandeld.

In de vijfde paragraaf wordt ingegaan op de gehoorzin bij vissen, teneinde enig verband met de waarnemingen te kunnen maken. Tenslotte worden in de zesde paragraaf enkele besluiten getrokken.

(1) Het onderzoek werd verricht in samenwerking met het Bureau Studie en Ontwikkeling van de Zeemacht en met de Hydrografische Dienst der Kust.

§ 1. Geluidsbronnen aan boord van schepen.

De geluiden die door schepen worden opgewekt, kunnen in drie hoofdklassen worden ondergebracht, nl. de geluiden van de machines, de geluiden van het schroef en de geluiden van de hydrodynamische stroming.

1.1. Geluiden toe te schrijven aan de machines.

Het is voldoende bekend, dat de verschillende machines aan boord van een schip, zoals de hoofdmotor, de hulpmotoren, de generatoren, de tandwielreductie, de pompen enz. mechanische trillingen opwekken die via de scheepsromp op het water worden overgebracht.

1.2. Geluiden toe te schrijven aan de schroef.

De geluiden van de schroef ontstaan door mechanische trillingen in de schroefas en de schroefbladen en door cavitatie. Door de schroefwerking worden eveneens krachten opgewekt die op de scheepsromp aan de achtersteven werken en die sterke trillingen kunnen veroorzaken.

1.3. Geluiden opgewekt door hydrodynamische stroming.

Deze geluiden worden veroorzaakt door variaties in de stroming van het water langsheen de scheepsromp.

In vergelijking met de twee voorgaande geluidsoorzaken is het hydrodynamisch geluid de minst belangrijke.

Daar het geluidsniveau door hydrodynamische stroming op bepaalde plaatsen van de scheepsromp niettemin hoge waarden kan bereiken, is deze bron van geluid wel belangrijk bij de keuze van de plaats voor de transducer van echo-sounder en sonar (Kuwahara, 1968 ; Gjestland, 1971).

§ 2. Proefomstandigheden.

2.1. Proefvaartuig.

De metingen werden uitgevoerd op het geluid opgewekt door het onderzoekingsvaartuig "Hinders".

Het vaartuig, gebouwd uit ijzer en hout, werd gekonstrueerd als zijtrawler en achteraf voor het bedrijven van de boomkorrevisserij omgebouwd.

Het schip heeft een lengte over alles van 23,15 m, een breedte van 6,44 m en een holte van 2,89 m. De tonnage bedraagt 78 BT en het schip wordt voortgestuwd door een motor van 240 PK met een toerental van 1150 t/min. De hulpmotor heeft een vermogen van 5,5 PK en het toerental bedraagt 1500 t/min. Het schip is uitgerust met een vierbladig schroef met vaste speed en een diameter van 1,25 m. De tandwielreduktie heeft een verhouding 1/3.

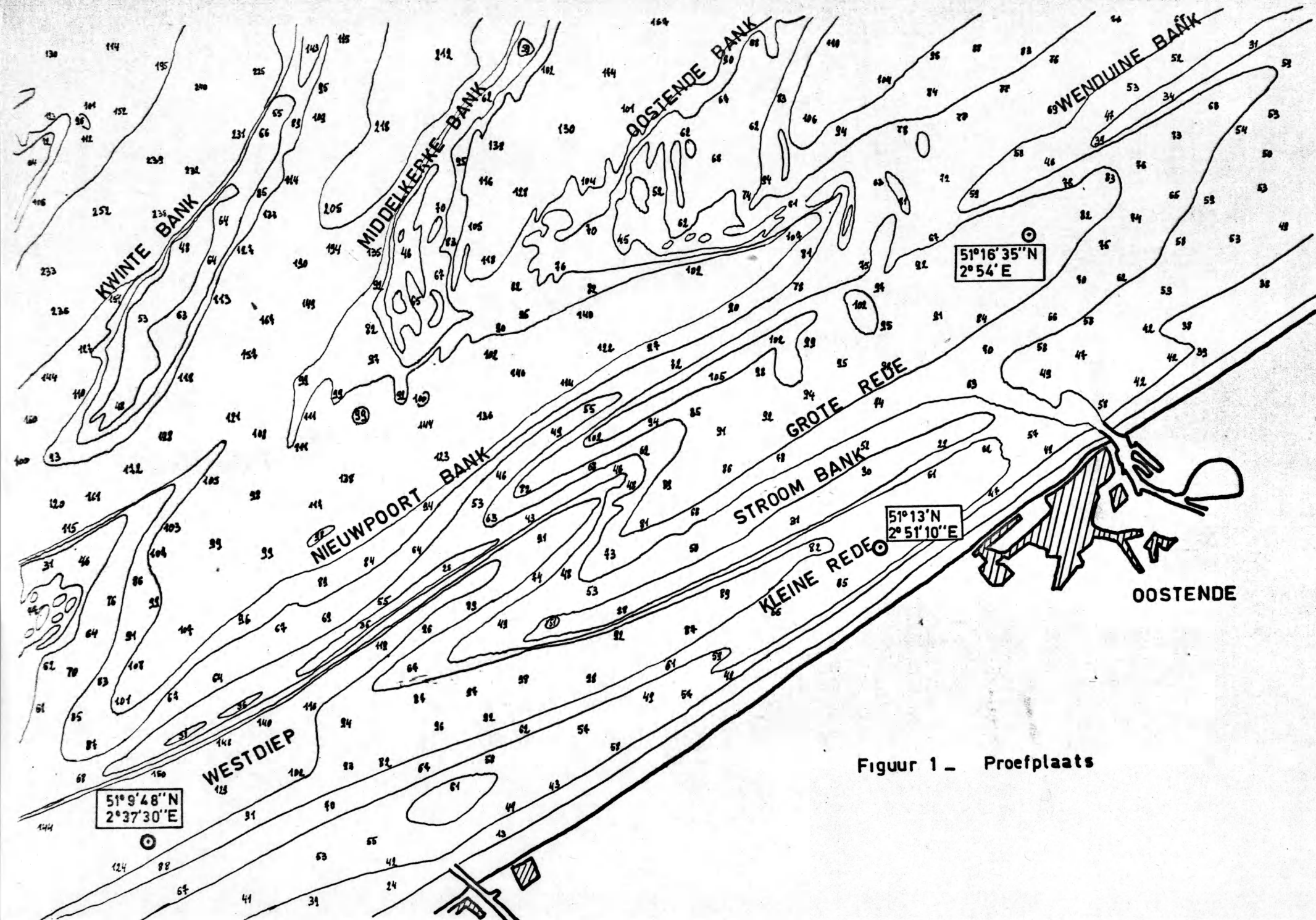
Tijdens de metingen sleepte het vaartuig geen net.

2.2. Proefplaats.

De metingen werden verricht vóór de Belgische kust en meer bepaald in het Westdiep, de Kleine Rede en de Grote Rede. De juiste posities zijn in figuur 1 weergegeven.

Deze plaatsen werden dicht bij de kust gekozen, zodat ook bij minder gunstige weersomstandigheden metingen konden worden uitgevoerd.

De hydrofonen werden tot op de bodem neergelaten en de diepte varieerde tussen 9,5 en 14 m.



Figuur 1 - Proefplaats

2.3. Weersomstandigheden.

Tijdens de metingen waaide de wind uit zuidelijke of zuidwestelijke richting. De windkracht bedroeg 3 à 5 Beaufort.

§ 3. Meetapparatuur en meettechniek.

3.1. Opnameketen.

Het blokschema van de opnameketen is in figuur 2 geschetst. Deze installatie bestaat uit volgende toestellen :

a) Hydrofonen.

Het gevoelig element is een piëzoëlektrisch kristal dat direct wordt gevolgd door een kathodevolger die de hoogohmige uitgang van het kristal naar een lagere waarde transformeert, teneinde een verliesvrije aansluiting op de versterker te verzekeren.

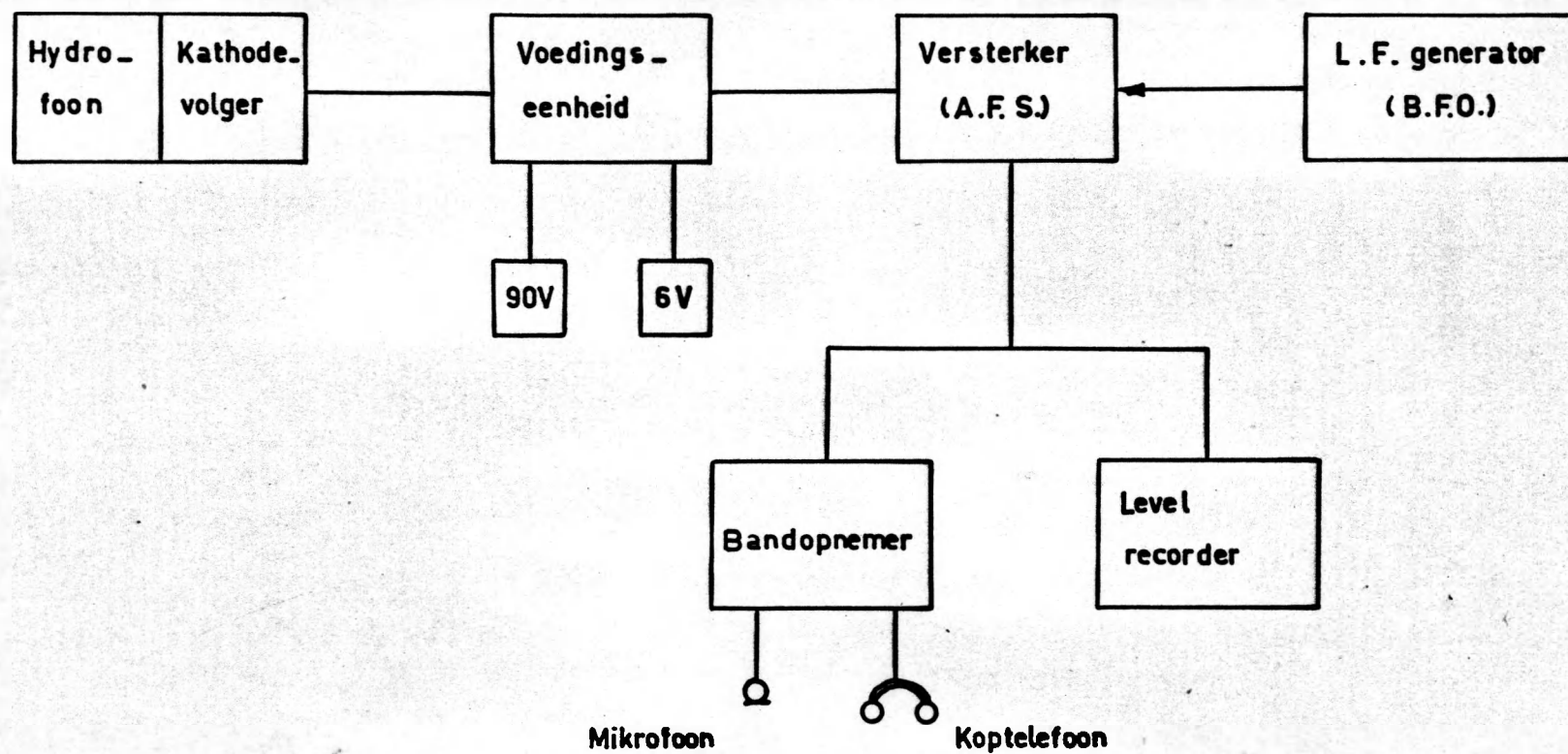
Om de gewenste opnameband (20-20.000 Hz) te kunnen bestrijken, moesten twee hydrofonen worden aangewend. De eerste hydrofoon, PONS type H6Tcl, bestrijkt een frekwentieband van 2 tot 1.000 Hz en heeft een gevoeligheid van -91 dB, referentie $1V/\mu\text{Bar}$, bij 1.000 Hz. De tweede hydrofoon, PONS type HP40, heeft een frekwentieband van 1.000-30.000 Hz en bezit een gevoeligheid van -86 dB, referentie $1V/\mu\text{Bar}$, bij 1.000 Hz.

De frekwentiekarakteristieken van beide hydrofonen zijn weergegeven in figuren 3 en 4.

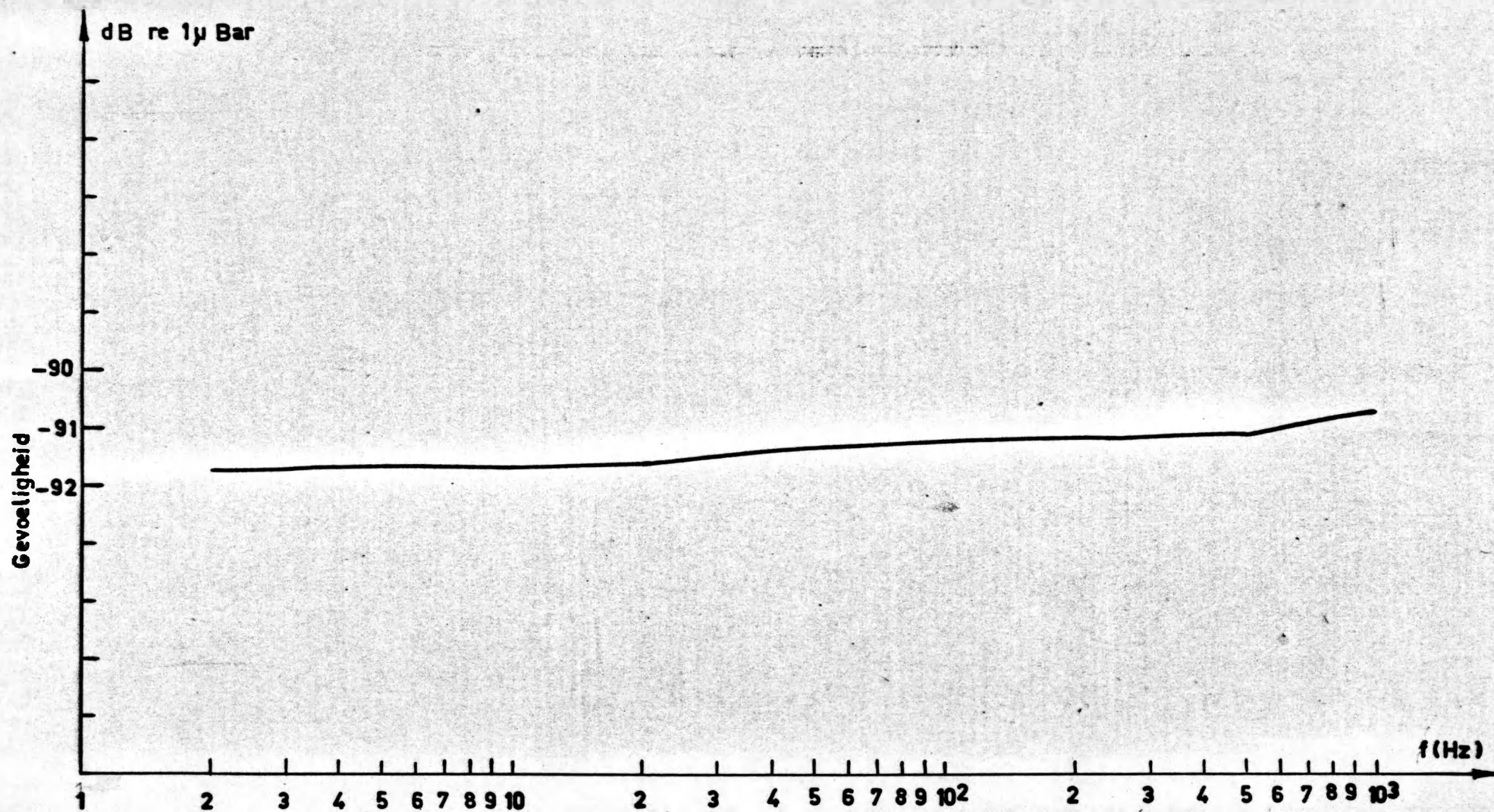
b) Voedingseenheid.

De voeding van de kathodevolger vereist een anodespanning van 90 V en een gloeidraadspanning van 6,3 V. Beide spanningen werden door droge batterijen geleverd. Deze spanningen worden via

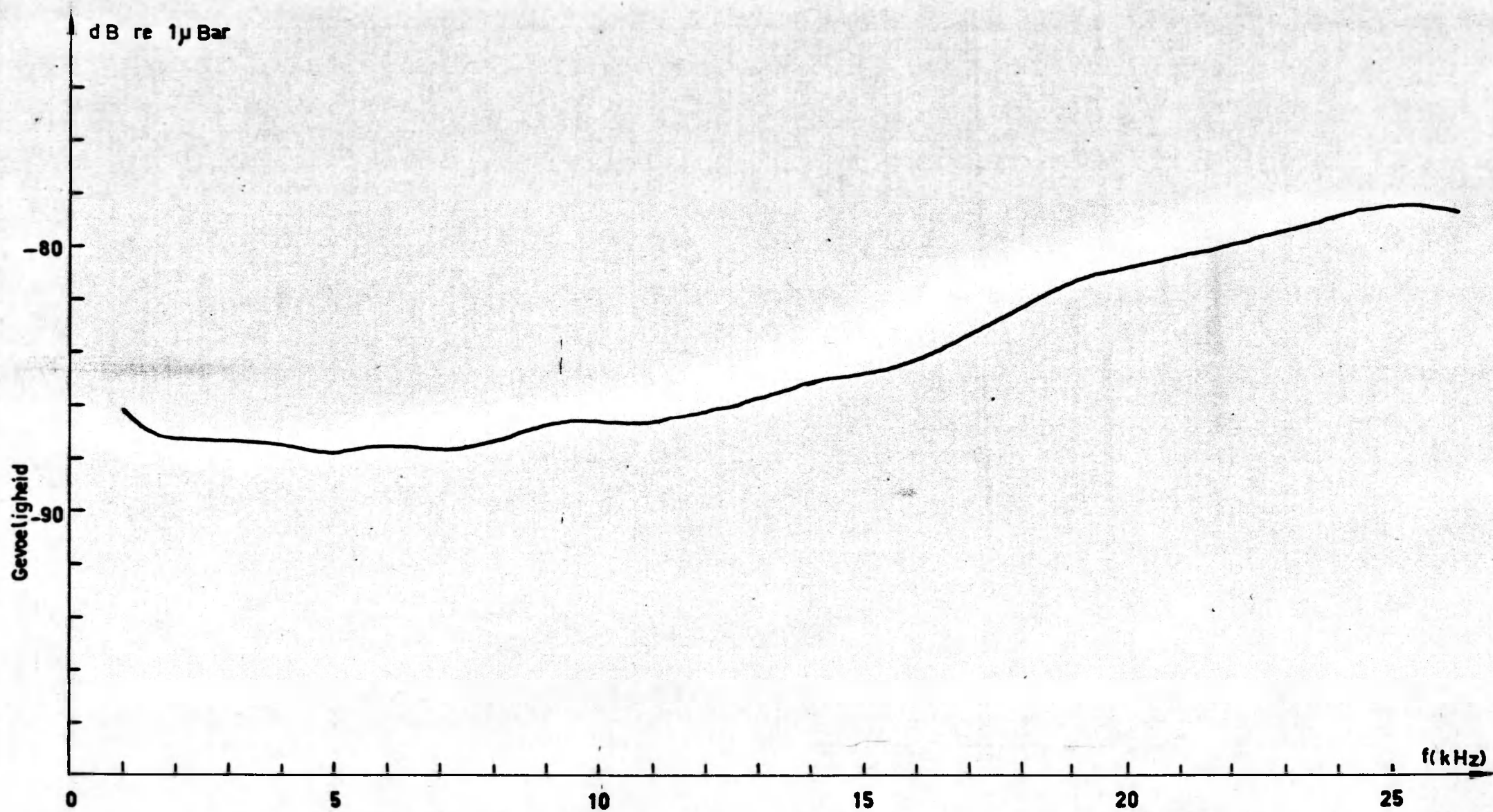
Figuur 2 _ Blokschema van de opnameketen



Figuur 3 - Frekwentiekarakteristiek van de hydrofoon PONS type H6Tcl



Figuur 4 - Frekwentiekarakteristiek van de hydrofoon PONS type HP 40



een ca 200 m lange kabel naar de hydrofoon gevoerd. Langs dezelfde kabel komen de te meten signalen in de voedingseenheid toe, vanwaar zij naar de versterker worden geleid.

c) Versterker.

Als meetversterker werd het versterkergedeelte van een Audio Frequency Spectrometer (Bruël & Kjaer, Type 2112) gebruikt. De frekwentiekarakteristiek is lineair van 2-45.000 Hz \pm 0,5 dB ten opzichte van 1.000 Hz. De versterking is regelbaar in stappen van 10 dB.

d) L. F. -generator.

Het iksignaal (100 mV, 1.000 Hz) werd door een Beat Frequency Oscillator (Bruël & Kjaer, Type 1014) geleverd.

Het iksignaal van 100 mV, 1.000 Hz, komt overeen met een geluidsdruk van 71 dB voor de hydrofoon H6Tcl en met een geluidsdruk van 66 dB voor de hydrofoon HP40.

e) Bandopnemer.

Alle geluiden werden op band opgenomen en nadien geanalyseerd.

De opnamen werden verricht met een bandopnemer Nagra III bij een bandsnelheid van 38,1 cm. Volgens de konstrukteur is bij deze snelheid, tussen 25 en 20.000 Hz, de frekwentiekarakteristiek lineair met \pm 1 dB afwijking.

Bij de frekwentieanalyse bleek echter dat de weergavekromme sterk werd beïnvloed door de gebruikte magneetbanden, vooral op de uit-

einden van de frekwentieband. De frekwentiekarakteristiek werd dan ook voor elke magneetband afzonderlijk bepaald.

Via een mikrofoon konden de opnamen worden gekommentarieerd en met een koptelefoon konden zij worden gevolgd.

f) Level recorder.

Met behulp van een level recorder (Bruël & Kjaer, Type 2305) werden de gemeten geluidsniveau's grafisch weergegeven en kon het verloop van elke meting onmiddellijk worden beoordeeld.

3.2. Analyseketen.

Het blokschema van de analyseketen is in figuur 5 vermeld.

De hiervan deel uitmakende toestellen zijn dezelfde als in de opnameketen.

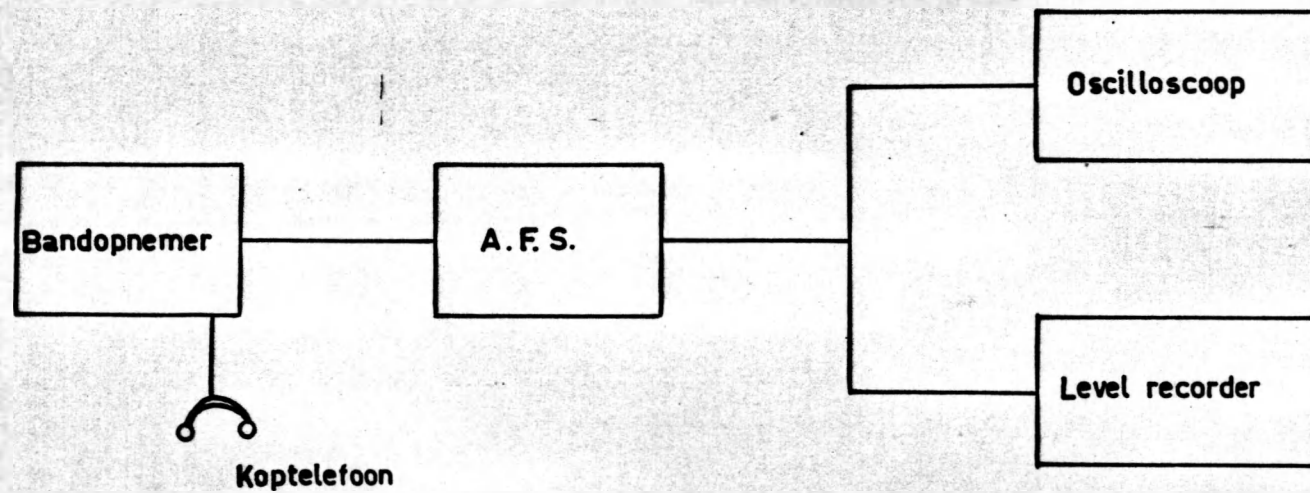
De van de magneetband afkomstige signalen worden via de bandopnemer naar de frekwentie-analyser gevoerd. De filters met middenfrekwenties f_c tussen 25 en 40.000 Hz hebben een bandbreedte (3 dB) van een oktaaf of $1/3$ oktaaf volgens de instelling van het toestel.

Op de frekwentie-analyser zijn een level-recorder en een oscilloscoop aangesloten. De level recorder geeft het geluidsniveau in de gekozen frekwentieband grafisch weer, terwijl eventuele pieken op de oscilloscoop kunnen worden waargenomen.

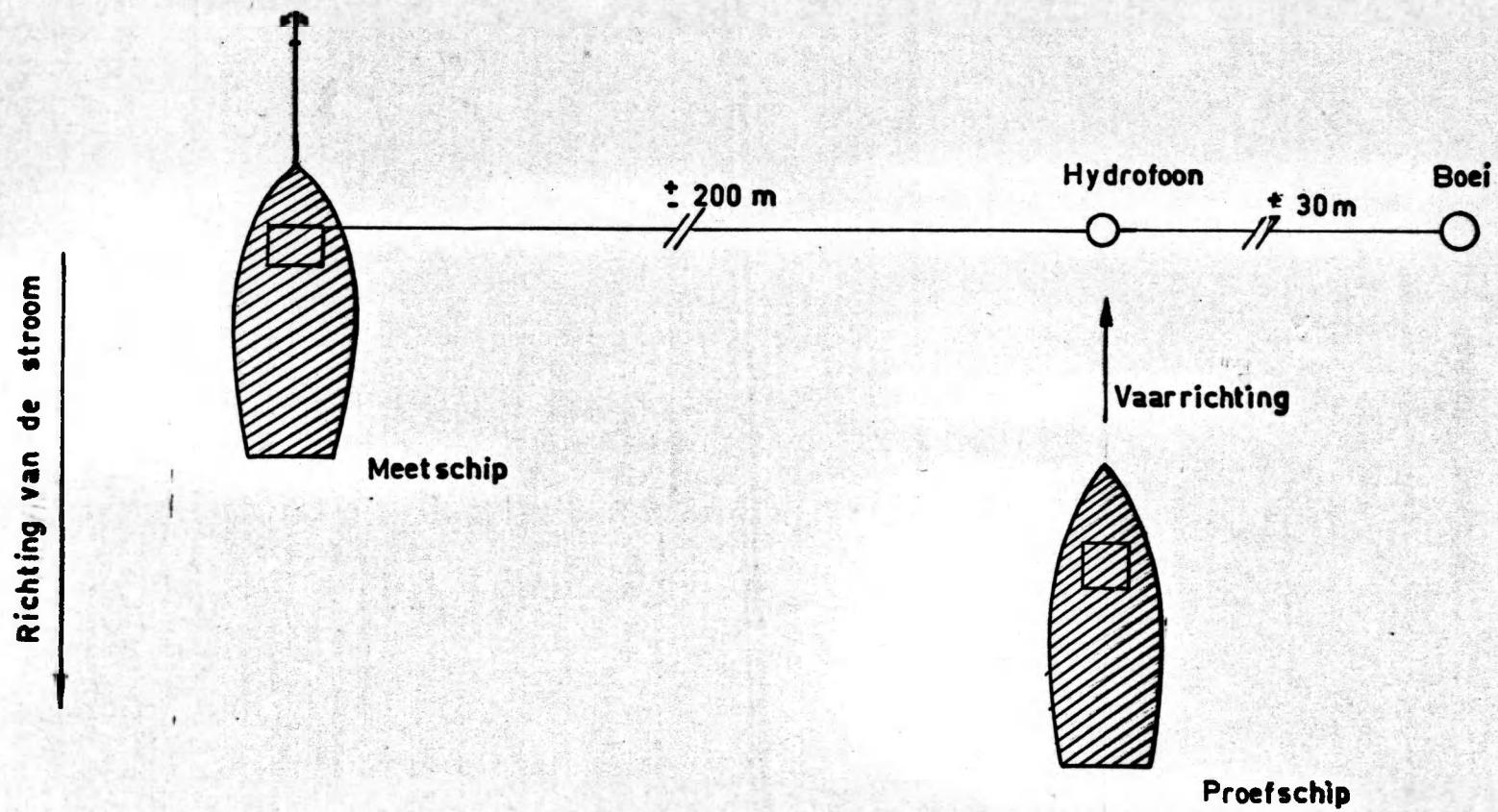
3.3. Meettechniek.

De toegepaste meettechniek wordt in figuur 6 opgenomen.

Figuur 5_ Blokschema van de analyseketen



Figuur 6 - Meettechniek



De hydrofoon wordt door middel van een ca 200 m lange elektrische kabel met het verankerde meetschip verbonden. Aan de andere zijde van de hydrofoon wordt op ca 30 m een merkboei gelegd. Het proefvaartuig vaart bij een vooraf gekozen toerental en volgt een koers evenwijdig aan de voorligging van het meetschip boven de hydrofoon.

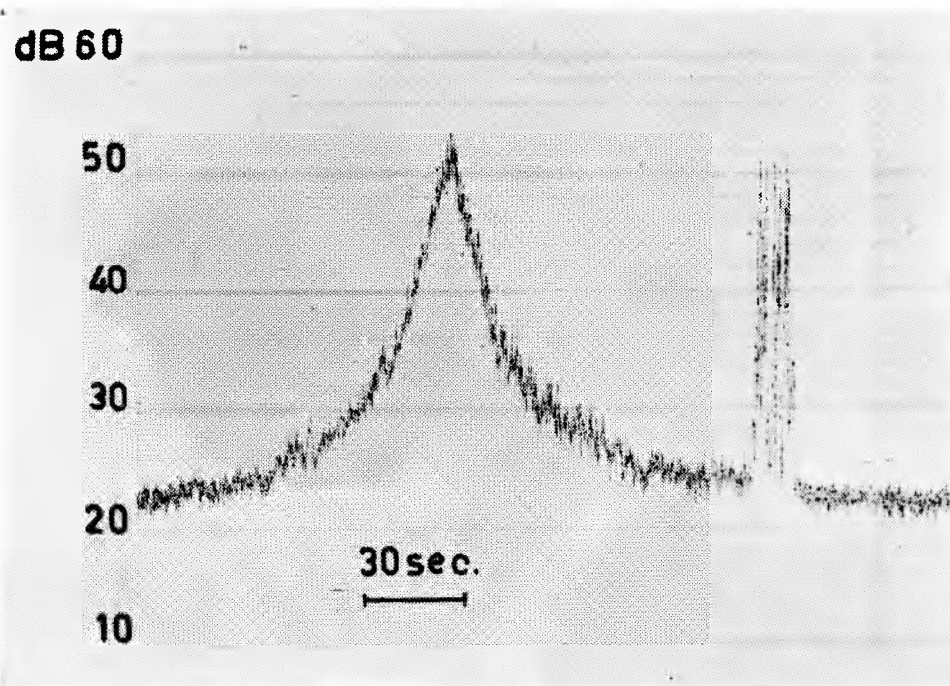
Daar het bij de verwerking van de resultaten van groot belang is de juiste afstand proefschip-hydrofoon te kennen, moest tijdens de opname het proefschip juist boven de hydrofoon varen. Dit kon met behulp van de level recorder worden nagegaan. Zoals in de figuren 7a en 7b is weergegeven, wordt bij een juiste overvaart een vluggere toename en een hoger maximum van het geluidniveau bekomen dan wanneer het proefschip niet juist boven de hydrofoon vaart.

§ 4. Resultaten.

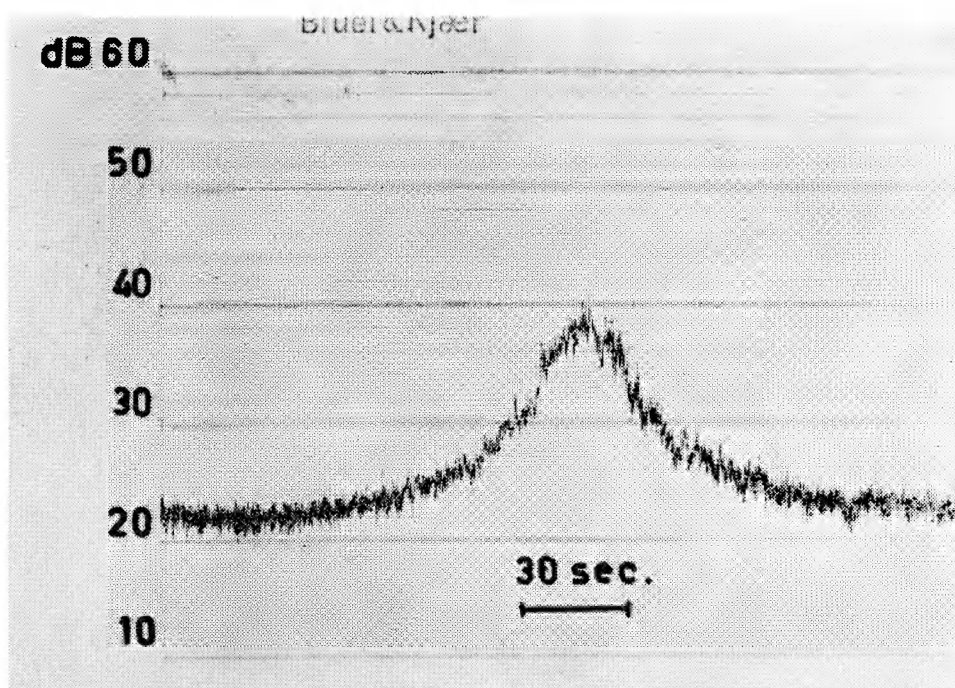
Van de uitgevoerde metingen ($n = 40$) werden er 14 weerhouden waarvan met zekerheid kon worden gezegd dat het proefschip tijdens de opname juist boven de hydrofoon vaarde. Van deze 14 opnamen werden er 5 uitgevoerd bij 1150 t/min, 6 bij 750 t/min en 3 met ontkoppeld schroef.

De analyse werd uitgevoerd in $1/3$ oktaaf bandbreedten met middenfrequenties f_c tussen 25 en 20.000 Hz. De bekomen geluidsdrukken werden omgerekend tot op 1 m afstand van het schip waarbij sferische spreiding werd aangenomen. Het uiteindelijke resultaat, het gemiddelde van de verschillende metingen, wordt in figuur 3 geschetst. Alle waarden zijn in dB re $1 \mu\text{Bar}$ vermeld.

Het spektrogram van het opgewekte geluid bij een toerental van 1150 t/min vertoont een duidelijk maximum rond 63 Hz en bij 200-

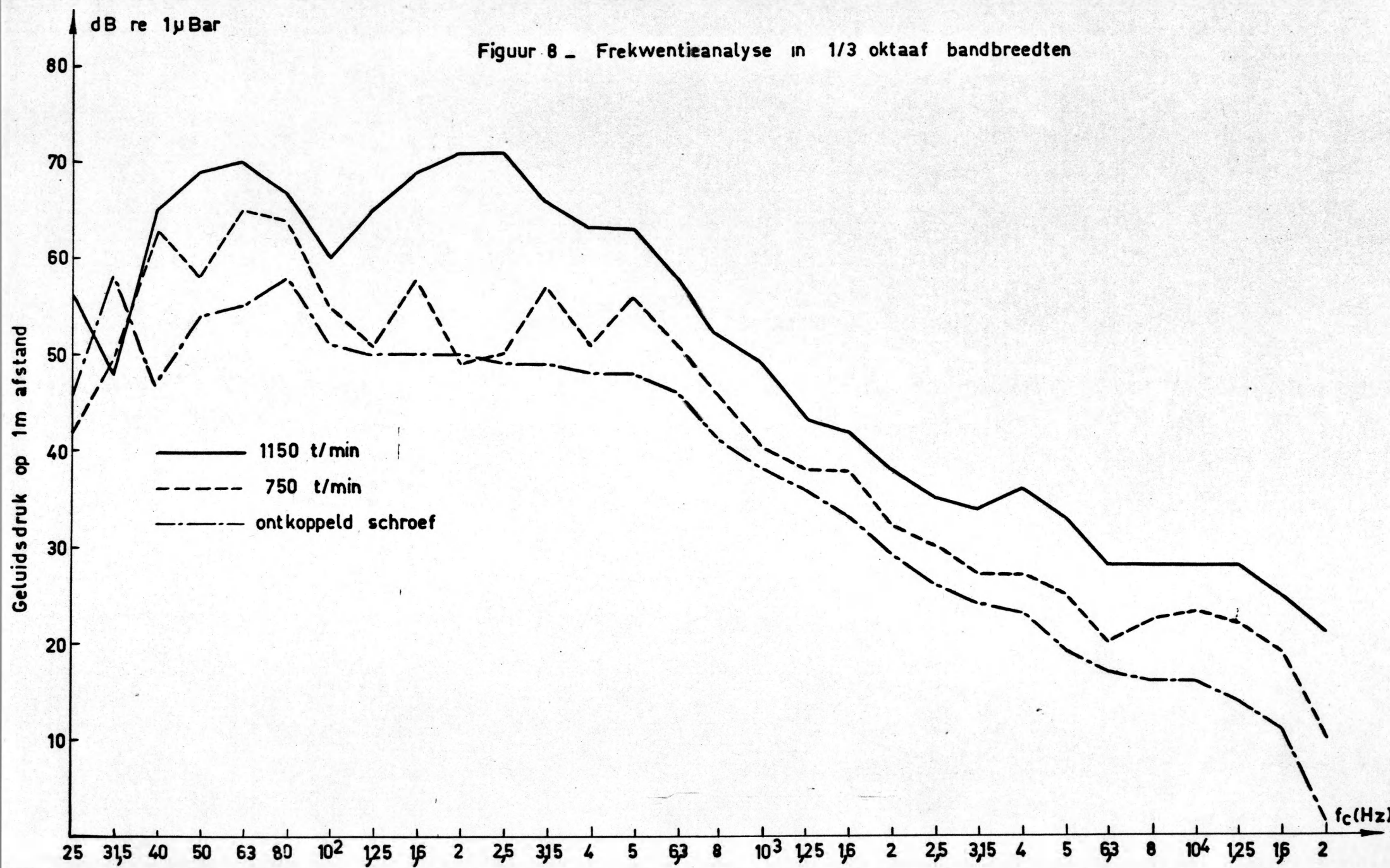


Figuur 7 a — WEERGAVE OP DE LEVEL RECORDER WANNEER HET PROEFSCHIP JUIST BOVEN DE HYDROFOON VAART.



Figuur 7 b — WEERGAVE OP DE LEVEL RECORDER WANNEER HET PROEFSCHIP NIET JUIST BOVEN DE HYDROFOON VAART.

Figuur 8 - Frekwentieanalyse in 1/3 oktaaf bandbreedten



250 Hz. Deze maxima bedragen respektievelijk 70 en 71 dB. De totale geluidsdruk bedraagt 70 dB.

Bij een toerental van 750 t/min worden de hoogste geluidsdrukken opgewekt rond 40 Hz met een waarde van 63 dB en rond 63 Hz met een waarde van 65 dB. Lagere pieken komen voor bij 160, 315 en 500 Hz. De totale geluidsdruk bedraagt 70 dB.

De analyse van het geluid opgewekt met ontkoppeld schroef toont een piek bij 31,5 en 80 Hz, beiden met een waarde van 58 dB. De totale geluidsdruk bedraagt 63 dB.

In elk van de drie gevallen is 95 % van de in de beschouwde frekwentieband uitgezonden energie toe te schrijven aan de frekwenties beneden 400 Hz.

§ 5. Gehoorzin bij vissen.

Een akoestisch signaal in water bevat vier verschillende fysische effecten, namelijk : de geluidsdruk, de verplaatsing van waterdeeltjes, de snelheid van waterdeeltjes en de versnelling van waterdeeltjes.

Vissen kunnen een akoestisch signaal waarnemen door middel van twee soorten zintuigen, met name de labyrinth-organen en de zijlijn. Het geheel wordt het acoustico-lateralis systeem genoemd (Freytag, 1968).

De labyrinth-organen, die het eigenlijk oor vormen en soms verbonden zijn met de zwemblaas, zijn gevoelig voor geluidsdrukken.

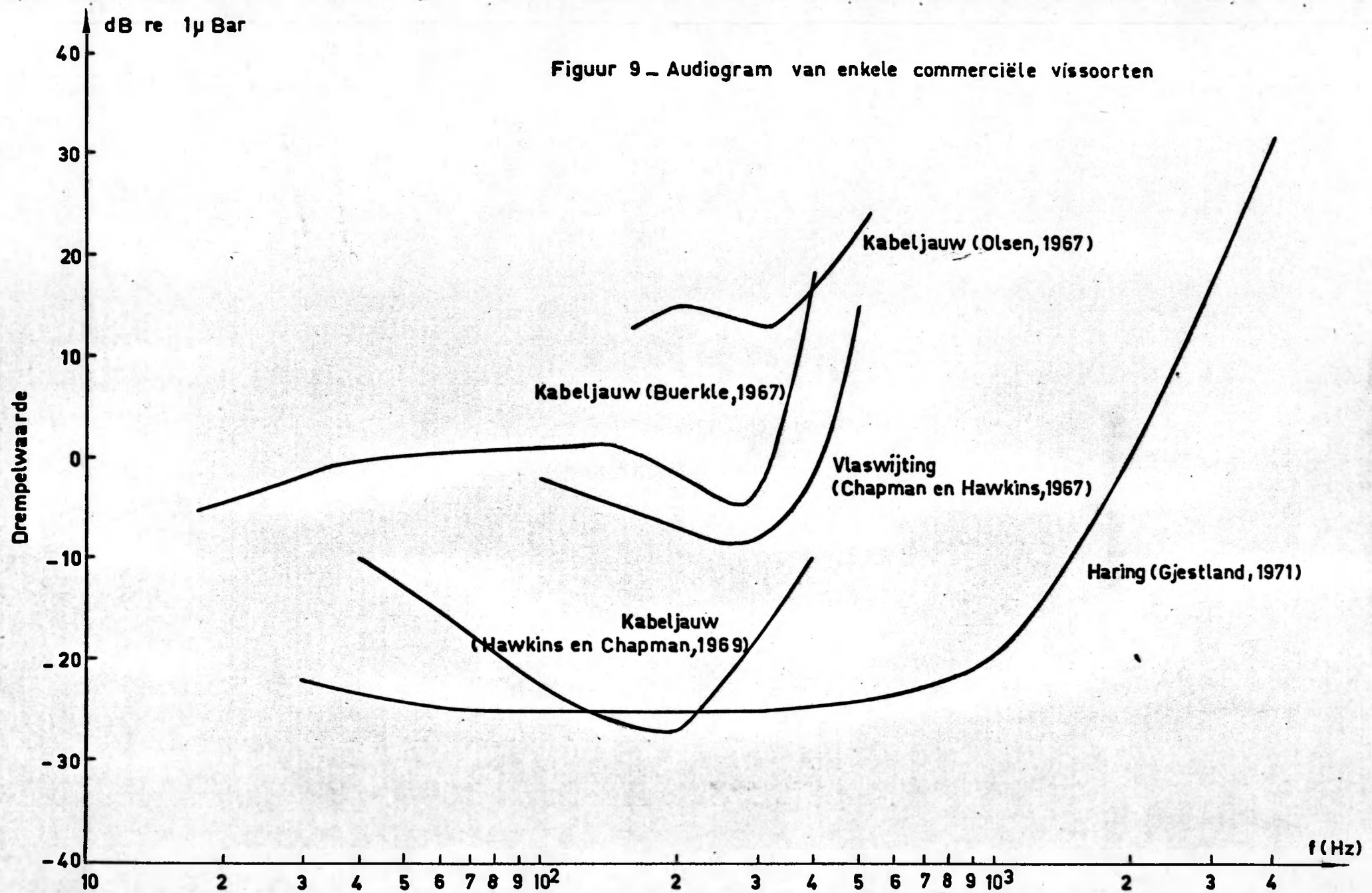
De zijlijn bestaat uit een groot aantal haarcellen die de verplaatsing van waterdeeltjes in de nabijheid van bewegende voorwerpen kunnen waarnemen. Daar nabij een geluidsbron onder water de amplitude van de deeltjesverplaatsing grote waarden kan aannemen, kunnen vissen deze bron dank zij hun zijlijn waarnemen. Gezien de amplitude van deze verplaatsing evenredig is met de golflengte zullen vooral laag-frekvente geluiden tot op een relatief grote afstand waarneembaar zijn (Enger, 1967). Het gebied rond de geluidsbron waarin de huidreceptoren deelnemen bij de akoestische waarneming, wordt het "near-field" genoemd.

Van verschillende, voor de visserij belangrijke, vissoorten werd het audiogram reeds bepaald (Buerkle, 1967 ; Chapman en Hawkins, 1967 ; Olsen, 1967, Hawkins en Chapman, 1969). Enkele audiogrammen worden in figuur 9 opgenomen. De vermelde drempelwaarden in functie van de frekwentie gelden voor zuivere tonen.

Bij proeven op kabeljauw bekwam Buerkle (1967) reacties op geluiden met frekwenties begrepen tussen 18 en 400 Hz. De vissen waren het meest gevoelig voor de frekwenties 18 en 141 Hz, waarbij de drempelwaarde -5 dB bedroeg. Voor dezelfde vissoort slaagde Olsen (1962) erin de gehoordrempels te bepalen tussen 150 en 540 Hz. De vissen reageerden het best op tonen met frekwenties van 50 en 300 Hz bij een geluidsdruk van 13 dB. Chapman en Hawkins (1969) konden, eveneens voor kabeljauw, een audiogram opstellen voor frekwenties tussen 40 en 400 Hz met als laagste drempelwaarde -27 dB rond 200 Hz.

Proeven op haring hebben uitgewezen dat deze vissoort geluiden met frekwenties tussen 30 en 4.000 Hz kan waarnemen. De grootste gevoeligheid treedt op tussen 60 en 300 Hz, met drempelwaarden van -25 dB. Boven 1.000 Hz neemt de gevoeligheid zeer snel af (Gjestland, 1971).

Figuur 9 - Audiogram van enkele commerciële vissoorten



Vlaswijting hoort geluiden met frekwenties begrepen tussen 100 en 500 Hz. De laagste drempelwaarde werd bekomen bij 300 Hz en bedraagt -8 dB (Chapman en Hawkins, 1967).

Het bepalen van de gehoordrempels van vissen gebeurt meestal in akwaria of proeftanks. Vooral bij lage frekwenties rijzen problemen bij de interpretatie van resultaten bekomen in de ongewone omstandigheden van een gesloten omgeving. Een ander aspect waarmee rekening moet worden gehouden is de omgevingsruis tijdens de proeven ; de minimum geluidsdruk waarop vissen reageren, neemt namelijk toe bij toenemende omgevingsruis (Tavolga, 1967 ; Buerkle, 1969 ; Enger, 1969).

Van de drie audiogrammen van kabeljauw werden die volgens Buerkle (1967) en volgens Olsen (1967) bekomen door experimenten in een proeftank. Het audiogram volgens Hawkins en Chapman (1969) werd bekomen door experimenten in open zee. Het valt onmiddellijk op dat dit laatste audiogram, bekomen in een veel rustiger omgeving, een veel grotere gevoeligheid weergeeft. Bij latere onderzoeken, in open zee, op het gericht horen bij kabeljauw, bekwam Olsen (1969(a)) eveneens een gehoordrempel van -30 - -25 dB bij 160 Hz. Andere verschillen in de gehoordrempels van eenzelfde vissoort kunnen optreden doordat de afstand van de geluidsbron tot de vis niet dezelfde is (Enger, 1967). Wanneer de vis zich binnen het zogenaamde "near-field" bevindt, nemen de huidreceptoren deel in de akoestische waarneming, zoals hoger werd beschreven.

Een ander belangrijk aspect van de gehoorzin is het vermogen om de richting van de geluidsbron te bepalen. Van Bergeijk (1964) kwam langs theoretische weg tot de konklusie dat vissen de geluidsbron zouden kunnen lokaliseren wanneer zij zich binnen het "near-field" bevinden, en dit dank zij de huidreceptoren. Buiten het "near-field" zou richtingsbepaling onmogelijk zijn, daar hiervoor twee afzonderlijke geluidsreceptoren nodig zijn en vissen geen volledig van elkaar geïsoleerd

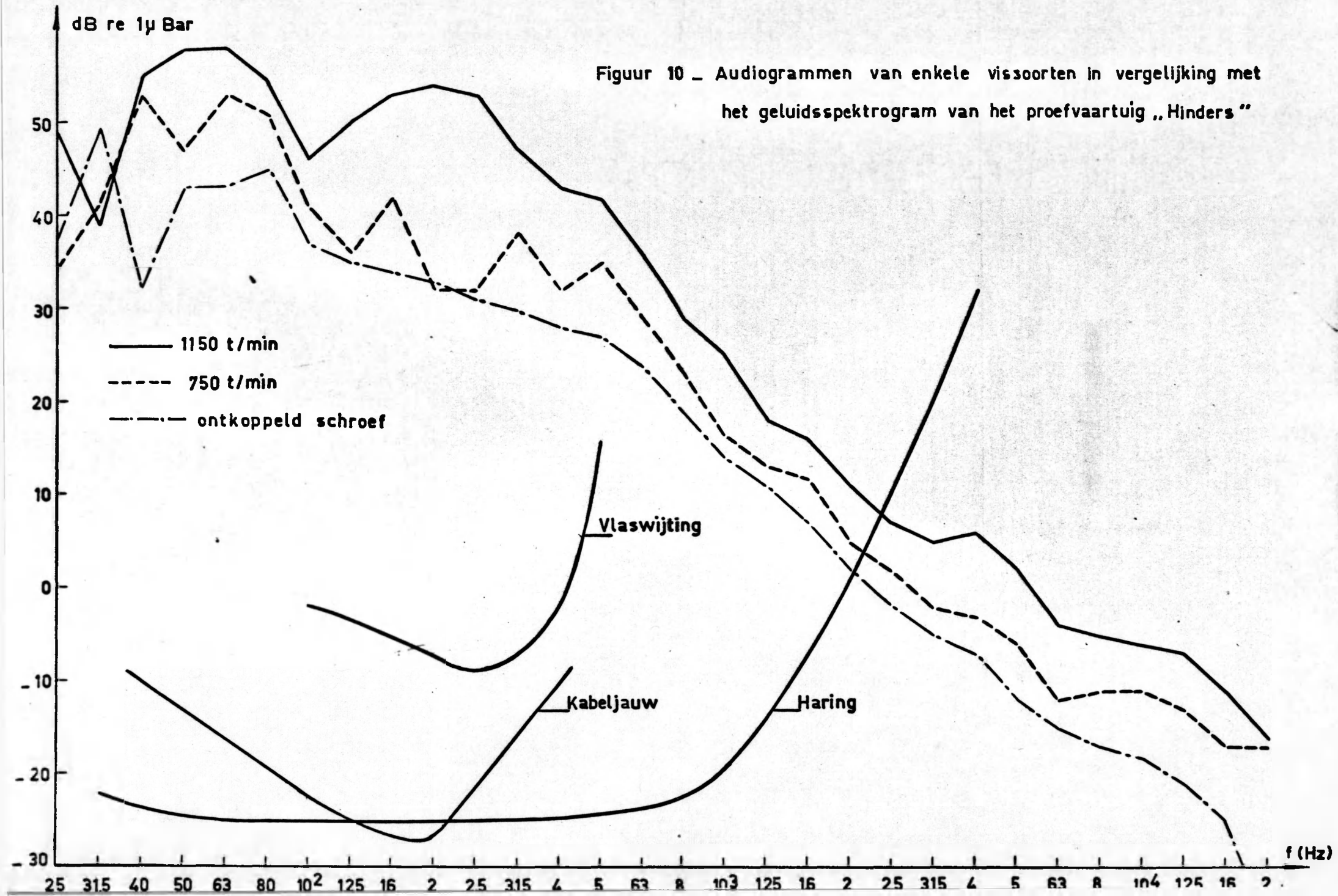
paar oren bezitten. Moulton en Dixon (1967) daarentegen verdedigen de hypothese dat er bij vissen een mechanisme (Mauthnercellen mechanisme) zou bestaan dat geen afzonderlijk paar oren vereist om de richting van het geluid te bepalen. Proeven uitgevoerd door Olsen (1969(a), (b)) op haring en kabeljauw schijnen het bestaan van een gericht horen te bevestigen.

In figuur 10 werden de audiogrammen van haring (Gjestland, 1971), vlaswijting (Chapman en Hawkins, 1967) en kabeljauw (Hawkins en Chapman, 1969) weergegeven, samen met de opgemeten geluidsniveau's van het proefvaartuig "Hinders". Daar de audiogrammen met behulp van zuivere tonen werden bepaald, werden de resultaten uit de 1/3 oktaafband analyse in geluidsdrukken in een band van 1 Hz omgerekend. Het is echter vrijwel zeker dat er zich in het spektrum, bij bepaalde frekwenties, geluidsdrukken bevinden die merkelijk groter zijn dan de drukken opgegeven in figuur 10. Door gebrek aan filters met voldoende kleine bandbreedte was het echter niet mogelijk deze spektraallijnen terug te vinden.

Bij vergelijking van de audiogrammen met de spektrogrammen valt duidelijk op dat de frekwenties waarvoor vissen het gevoeligst zijn met de pieken in het door het vaartuig opgewekte geluid overeenkomen.

Het verschil in niveau tussen de gehoordrempels en de opgewekte geluidsdrukken laat toe de afstand te bepalen tot op dewelke de vis het vaartuig kan horen. Uit de gegevens blijkt, dat vlaswijting het proefvaartuig theoretisch kan horen tot op 1.000 m. Haring en kabeljauw zouden theoretisch het vaartuig tot op een afstand van 10.000 m kunnen waarnemen. Weliswaar zullen, vooral bij grote afstanden, verschijnselen als absorptie en breking de geluidsgolven sterk afzwakken, doch niettemin mag worden aangenomen dat vissen een vissersvaartuig tot op grote afstand kunnen horen.

Figuur 10 _ Audiogrammen van enkele vissoorten in vergelijking met het geluidsspektrogram van het proefvaartuig „Hinders“



Hoewel het reactiepatroon van vissen op geluidstimuli van complexe aard is, wijzen de in dit verband uitgevoerde proeven (Hering, 1968), en vooral de ervaringen opgedaan bij het vissen, erop dat vluchtreacties optreden bij het waarnemen van het vaartuig.

§ 6. Besluiten.

Het door het onderzoeksvaartuig "Hinders" opgewekt geluid werd op magneetband opgenomen en nadien volgens 1/3 oktaaf bandbreedte geanalyseerd. De metingen gebeurden bij een toerental van respectievelijk 1150 t/min, 850 t/min en bij een ontkoppeld schroef.

De analyse van de opnamen toonde aan dat het totale geluidsniveau daalde van 78 dB bij een toerental van 1150 t/min tot 63 dB bij ontkoppeld schroef.

95 % van de opgewekte energie is toe te schrijven aan de frequenties beneden 400 Hz ; deze frequenties vallen samen met het frequentiegebied waarvoor vissen het meest gevoelig zijn.

De vergelijking van de spektrogrammen van het opgewekt geluid met het audiogram van enkele commerciële vissoorten toont aan dat deze vissen een vissersvaartuig tot op grote afstand kunnen waarnemen.

Het onderzoek is ver van afgesloten. Verdere studies moeten o.m. betrekking hebben op :

- (a) opnamen en analyses beneden 25 Hz.
- (b) metingen op vissende vaartuigen,

(c) verschillende scheepstypen met verschillende motoren, schroeven enz. en

(d) trillingsmetingen, teneinde de verschillende geluidsbronnen te kunnen bepalen.

De kennis betreffende het hoorvermogen van vissen is nog erg beperkt. Vooral de vraag of vissen al dan niet een geluidsbron van op grote afstand kunnen lokaliseren blijft onopgelost. Ook de wijze waarop de vis zal reageren bij het waarnemen van geluid blijft voornog een open vraag. Verdere onderzoekingen betreffende deze uiterst belangrijke problemen lijken dan ook ten zeerste wenselijk.

Bibliografie.

1. BUERKLE (U.), 1967 - An audiogram of the Atlantic cod *Gadus morhua* L. - J. Fish. Res. Bd Canada, Vol. 24 No 11, pp. 2309-2319.
2. BUERKLE (U.), 1969 - Relation of pure tone threshold to background noise level in the Atlantic cod (*Gadus morhua*) - J. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 25 No 6, pp. 1155-1160.
3. CHAPMAN (C. J.) en HAWKINS (A. D.), 1967 - The importance of sound in fish behaviour in relation to capture by trawl-proceedings of the FAO Conference on Fish Behaviour in Relation to Fishing Techniques and Tactics FAO Fisheries Reports No 62 Vol. 3, E/42.
4. ENGER (P. S.), 1967 - Sound reception in teleost fishes in relation to the sound source distance - Proceedings of the FAO Conference on Fish Behaviour in Relation to Fishing Techniques and Tactics FAO Fisheries Reports No 62 Vol. 2, E/1.
5. ENGER (P. S.), 1969 - Nervous responses in the fish brain to pure tones and to noise - Gear and Behaviour Committee, C. M. 1969/B : 7.
6. FREYTAG (G.), 1968 - Ergebnisse zur marinen Bioakustik-Protokolle zur Fischereitechnik, Heft 52, Band XL.
7. FREYTAG (G.) en KARGER (W.), 1969 - The problem of the influence of technical noises on fish - Oceanology international '69 conference : technical sessions day 3.
8. GJESTLAND (T.), 1971 - Noisemeasurements in fishing vessels.
9. HAWKINS (A. D.) en CHAPMAN (G. J.), 1969 - A field determination of hearing threshold for the cod, *Gadus morhua* L. - Report of the 8th I. F., Meeting, pp. 89-97.
10. HERING (G.), 1968 - Avoidance of acoustic stimuli by the herring - Pelagic Fish (Northern) Committee C. P. 1968/H : 18.
11. KUWAHARA (S.), 1968 - Flow noise of the Oceanographic research ship Hakuho Maru - Proceedings of the Second FAO Technical Conference on Fishery Research Craft, FAO Fisheries Report No 64, 4.2./III.

12. MANIWA (Y.), 1970 - Effect of vessel noise in purse seining - FAO Technical Conference on Fish Finding, Purse Seining and Aimed Trawling, FII : FF/10/23.
13. MOULTON (J. M.) en DIXON (R. H.), 1967 - Directional Hearing in Fishes - In : Tavalga (W. N.), Marine Bio-acoustics, Vol. II, Pergamon Press, Oxford, pp. 233-245.
14. OLSEN (K.), 1967 - A comparison of acoustic threshold in cod with recordings of ship-noise - Proceedings of the FAO Conference on Fish Behaviour in Relation to Fishing Techniques and Tactics, FAO Fisheries Reports No 62, Vol. 2, E/16.
15. OLSEN (K.), 1969 (a) - Directional hearing in cod - Report of the 8th I. F. Meeting, pp. 77-88.
16. OLSEN (K.), 1969 (b) - Directional responses in herring to sound and noise stimuli - Gear and Behaviour Committee C. M. 1969/B : 20.
17. OLSEN (K.) 1970 - Influence of vessel noise on behaviour of herring - FAO Technical Conference on Fish Finding. Purse Seining and Aimed Trawling, FII : FF/20/63.
18. TAVOLGA (W. N.), 1967 - Masked auditory threshold in teleost fishes - In : Tavalga (W. N.), Marine Bio-acoustics Vol. II, Pergamon Press, Oxford, pp. 233-245.
19. VAN BERGEIJK (W. A.), 1964 - Directional and nondirectional hearing in fish - In : Marine Bio-acoustics - Vol. I, Pergamon Press, Oxford, pp. 281-298.

